

Artikel Penelitian

Diversifikasi Produksi Susu Kedelai Berbasis Mikroalga Autotrofik Guna Meningkatkan Indeks Nutrasetikal

Diversification of Soymilk Production Based on Autotrophic Microalgae to Improve Nutraceutical Index

Mochamad Fathurohman*, Ade Yeni Aprillia, Anindita Tri Kusuma Pratita, Vidya Febrasca Tenderly

Program Studi Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Bakti Tunas Husada, Tasikmalaya

*Korespondensi dengan penulis (mochamadfathurr@gmail.com)Artikel ini dikirim pada tanggal 22 Oktober 2019 dan dinyatakan diterima tanggal 30 April 2020. Artikel ini juga dipublikasi secara online melalui <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jatp>. Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang diperbanyak untuk tujuan komersial.

Diproduksi oleh Indonesian Food Technologists® ©2020

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan potensi mikroalga sebagai mikroorganisme penghasil sumber protein dalam diversifikasi produk susu kedelai. Penelitian ini menggunakan rancangan uji mutu hedonik dengan lima perlakuan variasi susu kedelai (b/b) yang disubstitusi mikroalga untuk meningkatkan indeks nutrasetikal yaitu masing-masing 0,2% (produk A), 0,4% (produk B), 0,6% (produk C), 0,8% (produk D) dan 1,0 % (produk E). Diversifikasi produk terpilih diujikan kadar protein, lemak, cemaran logam dan cemaran mikroba. Hasil uji menunjukkan bahwa rerata kesukaan panelis terhadap warna, rasa, aroma, dan kekentalan produk tidak berbeda nyata ($p>0,05$), diversifikasi produk yang dipilih terbanyak adalah (produk B) dengan respon kesukaan sebesar 74%. Hasil analisis produk (dalam 100 ml) mengandung kadar protein 3,61%, lemak 2,54%, pH 6,69, cemaran logam timbal $\leq 0,01$ mg/l, tembaga 0,98 mg/l, seng 4,07 mg/l, timah $\leq 0,01$ mg/l, merkuri $\leq 0,01$ mg/l dan cemaran mikroba negatif *salmonella*, total kapang 1,3 CFU/ml, *Escherichia coli* 2 APM/ml dan kenaikan kadar protein sebelum dan setelah substitusi mikroalga sebesar 0,33%. Kesimpulannya, diversifikasi produksi susu kedelai berbasis mikroalga dapat dilakukan untuk meningkatkan indeks nutrasetikal.

Kata kunci: diversifikasi, mikroalga, nutrasetikal, susu kedelai

Abstract

Research is aimed to improve potential use of microalgae as protein microorganism producer in the manufacture of soy milk products. Hedonic quality test was used in the study with five variations on the treatment of soymilk (b/b) that was substituted with microalgae i.e. 0.2% (product A), 0.4% (product B), 0.6% (product C), 0.8% (product D), and 1.0% (product E). The modified products was tested for protein, fat, metal contamination, and microbial contamination. As results, the preference index of color, taste, aroma, and thickness of the product by panelists were not exhibited significant result ($p>0.05$), the most chosen product were (product B) with preference index of 74%. The analysis (per 100 ml) of protein, fat, and pH was 3.61%, 2.54%, and 6.69, respectively while metal, copper, zinc, lead, and mercury contamination was detected as 0.01, 0.98, 4.07, ≤ 0.01 , ≤ 0.01 mg/l, respectively. Negative microbial contamination of salmonella was detected while the total mold was exhibited as 1.3 CFU/ml and *Escherichia coli* as 2 APM/ml. The increase of protein level before and after substitution with microalgae was detected as 0.33%. As conclusion, diversification of soymilk production based on microalgae might able to improve nutraceutical index of products.

Keywords: diversification, microalgae, nutraceutical, soymilk

Pendahuluan

Diabetes mellitus umumnya disebabkan ketidakseimbangan asupan nutrisi, salah satunya dapat menyebabkan obesitas sehingga perlu adanya produk dengan indeks glikemik rendah dan hal ini merupakan salah satu masalah kesehatan global yang paling meningkat dalam beberapa tahun terakhir (Gossiau *et al.*, 2018). Pola makan yang tidak sehat dan dapat menjadi salah satu resiko obesitas (Santoso *et al.*, 2018). Menurut Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) di Indonesia, adanya peningkatan angka prevalensi diabetes yang cukup signifikan, yaitu dari 6,9% di tahun 2013 menjadi 8,5% di tahun 2018. *World Health Organization* (WHO) memprediksikan terjadi peningkatan jumlah penyandang diabetes mellitus yang cukup besar untuk tahun-tahun mendatang. Asupan protein yang lebih tinggi dapat mengurangi risiko diabetes dan meningkatkan kontrol metabolisme hanya

ketika penurunan berat badan tercapai (Beasley and Roset, 2013).

Mikroalga umumnya ditemukan di laut dan air tawar dan merupakan sumber rantai makanan sebanyak lebih dari 70% biomassa di dunia (Singh *et al.*, 2015). Indonesia merupakan negara ketiga di anggota *Asia-Pacific Economic Cooperation* (APEC) yang memiliki potensi cukup besar dalam produksi mikroalga (Batten *et al.*, 2011). Selain itu, studi mengenai mikroalga menjadi menarik karena memiliki berbagai senyawa bioaktif yang memiliki peran penting untuk kesehatan dan nutrisi manusia dan telah digunakan secara luas sebagai pangan fungsional, nutrasetikal, dan sediaan farmasi (Venkatesan *et al.*, 2015). Menurut Wells *et al.* (2016) mikroalga juga memiliki kandungan asam lemak tak jenuh misalnya PUFA yang tinggi, asam amino esensial (leusin, isoleusin dan valin), pigmen lutein dan β -karoten serta vitamin B12. Berdasarkan hasil penelitian

Julianti *et al.* (2018) kandungan omega 3 DHA pada mikroalga sebesar 9,2%, lebih tinggi dibandingkan dari minyak ikan. Sampai saat ini mikroalga masih digunakan oleh masyarakat sebagai sumber protein, vitamin, dan mineral, dan lebih dikenal sebagai pangan fungsional. Dibandingkan dengan sumber lain seperti *yeast* maupun fungi, mikroalga memiliki keunggulan di aspek keamanannya. Jika di bandingkan dengan protein bersel tunggal yang bersumber dari mamalia, mikroalga lebih unggul di bidang efisiensi dan kemudahan dalam produksinya (Nur, 2014). Mikroalga *Spirulina* jenis *platensis* termasuk kaya kandungan protein, lemak, karbohidrat, dan elemen penting lainnya (Alvarenga *et al.*, 2011).

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), susu kedelai merupakan produk yang berasal dari ekstrak biji kacang kedelai. Susu kedelai nabati memiliki kandungan serat, asam lemak tak jenuh serta protein yang tinggi sehingga baik untuk kesehatan. Susu kedelai juga dapat menjadi alternatif pengganti susu sapi bagi orang yang alergi dan tidak menyukai susu sapi atau bagi mereka yang tidak dapat menjangkau harga susu sapi yang mahal karena susu kedelai harganya lebih murah jika dibandingkan dengan susu hewani, serta susu kedelai memiliki nilai gizi yang baik dan cocok untuk dikonsumsi untuk semua golongan usia (Picauly *et al.*, 2018). Kemudian Prihadi dan Adiarto (2009) menunjukkan hampir 95% penduduk Asia menderita *lactose intolerance*, dan bahkan populasi di Indonesia sekitar 60-70% sehingga perlu dikembangkan produk bebas laktosa. Menurut Cahyadi (2009) kelebihan susu kedelai selain protein tinggi dan bebas kolesterol adalah tidak mengandung laktosa sehingga susu ini cocok untuk dikonsumsi penderita intoleransi laktosa. Susu kedelai cair dapat dijadikan sebagai media penumbuh bakteri yang sangat baik, karena mengandung banyak gizi.

Konsep pangan fungsional dan nutrasetikal merupakan substansi bioaktif dari bahan alami yang difortifikasi ke dalam produk pangan sehingga berpotensi untuk memberikan nilai kesehatan yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan produk pangan bernutrisi pada umumnya (Siahaan dan Pangestuti, 2017). Dapat didefinisikan juga sebagai pangan atau komponen makanan yang berfungsi untuk meningkatkan kondisi ketahanan tubuh dan mengurangi resiko terjangkitnya berbagai macam penyakit (Siro and Kopolna, 2008). Untuk meningkatkan konsumsi protein dilakukan diversifikasi pangan pada kacang kedelai (*Glycine max* (L) Merr.). Minuman fungsional dapat diproduksi dengan menambahkan bahan-bahan yang mempunyai fungsi khusus bagi kesehatan (Niva, 2007). Oleh karena itu, susu kedelai dimodifikasi dengan mikroorganisme dapat meningkatkan nilai protein yang sangat tinggi (Leboffe and Pierce, 2011).

Produksi susu kedelai berbasis mikroorganisme merupakan alternatif yang belum banyak dikembangkan, namun mempunyai potensi yang sangat besar. Hasil penelitian menunjukkan protein yang tinggi dalam kedelai dapat membantu menurunkan kadar kolesterol dalam darah (Koswara, 2006). Susu kedelai merupakan salah

satu olahan yang merupakan hasil ekstraksi kedelai oleh air (Yuni *et al.*, 2016). Jika di tambahkan dengan mikroalga dapat menghasilkan kandungan nutrisi yang cukup tinggi. Merujuk dari Kim (2015) bahwa mikroalga memiliki beberapa makromolekul diantaranya protein yang sangat tinggi berkisar antara 30-60% per 100 gram berat kering dan berdasarkan The USDA Dietary Guideline for Americans (2010) direkomendasikan 10-15% kalori berasal dari protein.

Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan potensi mikroalga sebagai mikroorganisme penghasil makromolekul terutama nutrisi protein dalam diversifikasi produk susu kedelai. Manfaat dari penelitian ini adalah untuk perkembangan suplemen fungsional yang aman bagi kesehatan serta dapat dilakukan optimasi produksi skala industri di masa mendatang.

Materi dan Metode

Materi

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroalga *spirulina platensis*, kacang kedelai, SeO_2 , K_2SO_4 , CuSO_4 , *Bromocresol green*, merah metil, alkohol, H_3BO_3 , NaOH , kapas bebas lemak, heksana, media *Plate Count Agar* (Oxoid, England), media *Lactose Broth* (Oxoid, England), *Brilliant Green Lactose Broth* (Oxoid, England), Air laut buatan, NaHCO_3 , K_2HPO_4 , NaNO_3 , MgSO_4 , K_2SO_4 , NaCl , CaCl_2 , FeSO_4 . Peralatan yang digunakan mesin *spray dryer* (Buchi B-290, Swiss), aerator, lampu neon, blender, neraca analitik (Radwag AS220R2, Poland), soxhlet, kapas bebas lemak, inkubator (Mettler IN110, Jerman), autoklaf (All american autoclave 50x, Canada), Spektrofotometri Serapan Atom (Shimadzu AA-6200, Japan), botol kaca dan alat penunjang lainnya.

Metode

Penelitian berlangsung selama periode Maret – September 2019. Penelitian meliputi kultivasi mikroalga, pembuatan susu kedelai, proses diversifikasi produk, uji organoleptik dan analisis mutu produk meliputi analisis protein (SNI 01-2891-1992 butir 7.1) kadar lemak (SNI 01-2891-1992, butir 8.1), cemaran mikroba (SNI 2897-2008), cemaran logam (SNI 01-2896-1992).

Kultivasi mikroalga

Kultivasi mikroalga *spirulina platensis* meliputi pembuatan media dengan penambahan 8,4 g NaHCO_3 , 0,25 g K_2HPO_4 , 1,25 g NaNO_3 , 0,1 g MgSO_4 , 0,5 g K_2SO_4 , 0,5 g NaCl , 20 mg CaCl_2 , 5 mg FeSO_4 , dan 80 mg EDTA ke dalam botol kaca berisi 500 ml air steril lalu ditambahkan mikroalga dan dihomogenkan serta disimpan selama 14 hari dengan bantuan cahaya dan aerator. Hasil kultivasi dipisahkan dengan sentrifugasi kemudian dilakukan pengeringan dengan *spray dryer* (Julianti *et al.*, 2018).

Pembuatan susu kedelai

Pengolahan susu kedelai dimulai dengan tahapan sortasi, penimbangan, pencucian dan perendaman dengan air panas selama 6 jam. Hasil perendaman

dilakukan pembersihan dari kulit kacang kedelai, kemudian di rebus selama 30 menit selanjutnya dihancurkan dengan menggunakan blender dan ditambahkan air matang perbandingan 1:4 (b/v). Hasil sari kedelai disaring dan dipisahkan kemudian dimasak sambil dilakukan pengadukan sampai mendidih. Susu kedelai yang telah matang kemudian didinginkan dan dilakukan pengeringan dengan *spray dryer* (Picauly *et al.*, 2018).

Proses diversifikasi produk

Proses diversifikasi produk dimulai dengan pembuatan variasi susu kedelai dan mikroalga. Total 30 g untuk 100 ml produk dengan rincian yg disubstitusi dengan mikroalga masing-masing 0,2% (produk A), 0,4% (produk B), 0,6% (produk C), 0,8% (produk D) dan 1,0% (produk E). Susu kedelai dikemas dengan botol kaca dan dimasukkan ke lemari pendingin.

Pengujian organoleptik

Uji organoleptik dan penerimaan produk dilakukan oleh 25 panelis tidak terlatih. Uji organoleptik dan penerimaan produk terhadap parameter warna, rasa, aroma, dan kekentalan, diberikan pada rentang penilaian antara 1-6, yaitu 1 untuk nilai sangat tidak suka, 2 untuk nilai tidak suka, 3 agak tidak suka, 4 agak suka, 5 suka, 6 sangat suka. Uji daya terima ditampilkan dalam persentase kesukaan panelis. Produk dinyatakan diterima jika nilai yang diberikan panelis lebih besar dari 4 (Profir and Vizireanu, 2013).

Analisis mutu produk

Analisis kandungan gizi produk dilakukan setelah uji organoleptik dan daya terima produk, selanjutnya dipilih produk dengan tingkat kesukaan tertinggi (nilai 5-6). Produk terpilih dengan persentase terbanyak, dianalisis kandungan gizinya sebanyak dua kali ulangan, kemudian dihitung reratanya. Analisis zat gizi produk terpilih meliputi analisis protein, kadar lemak, cemaran mikroba, cemaran logam dan uji pH.

Prosedur Analisa Proksimat

Analisis kadar protein dilakukan sebanyak 0,5 g sampel dengan menggunakan dalam labu kjeldahl 100 ml yang dilakukan berdasarkan prosedur sebagaimana ditentukan oleh SNI 01-2891-1992. Analisis kadar lemak dilakukan dengan labu lemak yang dilakukan sesuai dengan prosedur SNI.01-2891-1992.

Analisis Cemaran Mikroba

Pengujian mikrobiologi dilakukan dengan metode pengujian cemaran mikroba *Total Plate Count* (TPC), *Escherichia coli* dan *Salmonella* spp, secara kualitatif dan kuantitatif. *Total Plate Count* menunjukkan jumlah mikroba khususnya kapang yang terdapat dalam suatu produk dengan cara menghitung koloni bakteri yang ditumbuhkan pada media agar. Metode *Most Probable Number* (MPN) terdiri dari uji *presumtif* (penduga) dan uji konfirmasi (penegasan), dengan menggunakan media cair di dalam tabung reaksi dan dilakukan berdasarkan jumlah tabung positif. Pengamatan tabung positif dapat

dilihat dengan timbulnya gas di dalam tabung *Durham* yang kemudian diuji pertumbuhan *Salmonella* pada media selektif dengan pra pengayaan (*pre-enrichment*), dan pengayaan (*enrichment*) yang dilanjutkan dengan uji biokimia dan uji serologi berdasarkan pada SNI 2897-2008.

Analisis Logam

Analisis logam dilakukan dengan menggunakan AAS sesuai dengan prosedur SNI 01-2896-1992.

Analisis Statistik

Data uji organoleptik yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan SPSS 24.0. Level signifikansi ditetapkan sebesar $\alpha=0,05$.

Hasil dan Pembahasan

Kultivasi Mikroalga

Kultivasi mikroalga dilakukan untuk memperbanyak sel yang dapat menghasilkan nutrisi tinggi dari metabolit sekundernya. Aerator pada proses kultivasi dilakukan dengan tujuan meningkatkan jumlah oksigen terlarut pada media kultur. Pertumbuhan mikroalga secara optimum dapat dicapai ketika waktu kultivasi 14 hari. Hal tersebut karena mikroalga memiliki waktu regenerasi yang lebih singkat dibandingkan dengan mikroorganisme lain (makroalga dan jamur), maka laju pertumbuhannya lebih cepat, sehingga dapat juga untuk memudahkan proses metabolisme mikroalga heterotrof. Penambahan cahaya lampu ditujukan untuk mempercepat kepadatan sel dalam fase stasioner mikroalga, sehingga metabolit yang dihasilkan dapat tinggi, salah satunya adalah protein. Berdasarkan Christwardana *et al.* (2013) *Spirulina* mengandung makromolekul protein tinggi sekitar 55-70%. Protein ini merupakan suatu senyawa kompleks yang kaya akan asam amino esensial, kadar asam amino yang tinggi baik untuk kesehatan karena merupakan salah satu bahan pembuat protein. Kemudian mikroalga dikeringkan dengan alat *spray dryer* yang bertujuan untuk memperpanjang umur simpan saat disubstitusi dengan serbuk lain serta lebih homogen. Berdasarkan Febriyenti *et al.* (2014) penggunaan dengan *spray dryer* karena ukuran partikel yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan *freeze dryer*, sehingga dapat mempermudah proses diversifikasi produk.

Pengolahan Susu Kedelai

Susu kedelai dijadikan serbuk dengan tujuan untuk memperpanjang umur simpan. Hasil penelitian di berbagai bidang kesehatan telah membuktikan bahwa konsumsi produk kedelai berperan penting dalam menurunkan resiko diabetes mellitus. Hal tersebut disebabkan oleh protein tinggi dalam kedelai. Kandungan protein susu kedelai mencapai 1,5 kali protein susu sapi (Koswara, 2006). Pada proses pengolahan kacang kedelai menjadi susu kedelai salah satu faktor kendala adalah bau langu (*beany flavour*). Bau langu ini disebabkan adanya bau khas dari kedelai sendiri, selain itu juga adanya kerja enzim lipoksigenase yang terdapat pada biji kedelai terutama pada waktu

Tabel 1. Variasi susu kedelai dengan mikroalga

Bahan	Produk A	Produk B	Produk C	Produk D	Produk E
Susu Kedelai (g)	29,94 ± 0,05	29,88 ± 0,03	29,82 ± 0,01	29,76 ± 0,01	29,70 ± 0,03
Mikroalga (g)	0,06 ± 0,001	0,12 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,21 ± 0,01	0,3 ± 0,02

Tabel 2. Rerata kesukaan panelis terhadap produk

Variasi	Warna	Aroma	Rasa	Kekentalan
Produk A	2,38 ± 0,34 ^a	2,26 ± 0,55 ^a	2,21 ± 0,13 ^a	2,29 ± 0,51 ^a
Produk B	2,40 ± 0,52 ^a	2,26 ± 0,46 ^a	2,17 ± 0,18 ^a	2,28 ± 0,30 ^a
Produk C	2,35 ± 0,56 ^a	2,25 ± 0,48 ^a	2,20 ± 0,25 ^a	2,28 ± 0,26 ^a
Produk D	2,28 ± 0,32 ^a	2,27 ± 0,25 ^a	2,18 ± 0,18 ^a	2,26 ± 0,58 ^a
Produk E	2,34 ± 0,31 ^a	2,26 ± 0,39 ^a	2,19 ± 0,29 ^a	2,32 ± 0,50 ^a

Keterangan: huruf *superscript* yang sama menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan ($p > 0,05$)

Tabel 3. Penerimaan Kesukaan Panelis Terhadap Produk (%)

Parameter	Produk A Kesukaan (%)	Produk B Kesukaan (%)	Produk C Kesukaan (%)	Produk D Kesukaan (%)	Produk E Kesukaan (%)
Warna	6 (84) ± 1,12	6 (96) ± 1,10	6 (88) ± 1,11	6 (64) ± 1,17	6 (80) ± 1,26
Aroma	6 (64) ± 1,08	6 (68) ± 1,15	6 (68) ± 1,15	6 (72) ± 1,15	6 (72) ± 1,11
Rasa	6 (56) ± 1,09	6 (56) ± 1,12	6 (60) ± 1,11	6 (64) ± 1,20	6 (56) ± 1,20
Kekentalan	6 (72) ± 1,13	6 (68) ± 1,15	6 (68) ± 1,13	6 (72) ± 1,12	6 (76) ± 1,16
Penerimaan keseluruhan	6 (69) ± 1,12	6 (74) ± 1,11	6 (71) ± 1,16	6 (68) ± 1,16	6 (71) ± 1,15

Keterangan: * Banyaknya panelis (%) yang memberikan skor penilaian 5&6; ** 1= sangat tidak suka, 2=tidak suka, 3=agak tidak suka, 4=agak suka, 5= suka, 6 = sangat suka

pengolahan susu kedelai. Maka dengan penambahan air matang perbandingan 1:4 (b/v) dapat menghilangkan bau tersebut. Berdasarkan Mudjajanto dan Kusuma (2005) salah satu alternatif untuk mengatasi masalah bau langu yaitu mengetahui perbandingan penambahan kedelai dan air yang tepat pada proses pengolahan susu kedelai. Menurut Giri and Mangaraj (2012) bahwa dalam pengolahan susu kedelai dapat menggunakan air dengan perbandingan kedelai dan air 1:8. Perbandingan kedelai dan air yang biasa digunakan pada pengolahan susu kedelai belum memiliki standar yang baku sehingga masih sangat bervariasi penggunaannya.

Diversifikasi Produk

Variasi produk diversifikasi susu kedelai dibuat sebagai percobaan pendahuluan dengan skala kecil, dengan asumsi bahwa potensi yang dihasilkan dapat dikembangkan dan diterapkan ke skala optimasi lab. Pemilihan variasi penambahan mikroalga berdasarkan SNI susu kedelai yang disesuaikan dengan visualisasi warna, karena intensitas pigmen yang dihasilkan mikroalga berwarna hijau, jadi jika ditambahkan diatas 5-10% warna yang dihasilkan tidak sesuai standar (data tidak ditampilkan). Penentuan formula produk susu kedelai berdasarkan variasi substitusi mikrolaga per total takaran produk (100 ml) dengan sampel produk A,B,C,D dan E pada (Tabel 1). Penetapan variasi substitusi berdasarkan asupan total serbuk susu 30 g untuk 100 ml (b/v). Kebutuhan protein rata rata makhluk hidup memerlukan sebesar 55 g per hari. Berdasarkan Kenfack *et al.* (2011), mikroalga banyak digunakan sebagai bahan atau substitusi untuk produk nutrasetikal dan mikroalga *spirullina* sp telah dinyatakan aman untuk dikonsumsi manusia.

Pengujian organoleptik

Karakteristik produk meliputi sifat fisik dan gizi produk serta sifat organoleptik produk (Villega *et al.*, 2009). Pernyataan lainnya dikemukakan oleh Urala and Lahteenmaki (2007) bahwa selain sifat fisik dan gizi produk, sifat organoleptik juga merupakan faktor penting dalam penerimaan produk pangan yang baru dikembangkan. Uji organoleptik merupakan instrumen penting yang dapat memberi informasi signifikan untuk pengembangan produk fungsional baru (Profir and Vizireanu, 2013). Uji organoleptik dengan mutu hedonik untuk menentukan kesukaan terhadap rasa dan kekentalan produk, panelis diminta mencicipi sampel produk dan diantara masing-masing pencicipan sampel, diharuskan mengonsumsi air penetral (Setyaningsih *et al.*, 2010).

Deskripsi dari produk ini adalah berwarna putih agak kehijauan, memiliki aroma normal khas susu, rasa khas dan netral karena tidak ditambahkan pemanis serta bahan tambahan pangan lainnya, dan kekentalan dilihat secara visual. Hasil rerata kesukaan panelis terhadap produk pada Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata kesukaan panelis terhadap warna, rasa, dan keseluruhan produk tidak berbeda nyata ($p < 0,05$), hal tersebut salah satu faktornya dikarenakan belum dilakukan penambahan BTM lainnya sehingga dapat mempengaruhi respon panelis. Hasil dari (Tabel 3) menunjukkan persentase kesukaan dan penerimaan panelis terhadap produk untuk parameter atribut masing-masing produk diversifikasi susu kedelai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa secara keseluruhan hampir semua atribut sensoris produk disukai oleh panelis (>50%). Produk yang paling banyak dipilih panelis adalah variasi produk B. Alasan panelis yang memilih produk B bahwa produk yang mempunyai intensitas warna yg lebih identik dengan susu umumnya

karena atribut warna seringkali mempengaruhi respon dan persepsi panelis serta dapat memberi manfaat bagi kesehatan. Bornkessel *et al.* (2014) menyampaikan bahwa informasi potensi kesehatan dan komponen spesifik yang terkandung pada produk dapat meningkatkan minat konsumen terhadap produk pangan fungsional.

Aroma, rasa, dan kekentalan sangat dipengaruhi oleh susu kedelai yang digunakan dalam formula produk tetapi warna dipengaruhi oleh mikroalga. Semakin banyak proporsi mikroalga yang ditambahkan semakin kuat intensitas warna hijaunya. Christwardana *et al.* (2013) menuturkan bahwa mikroalga merupakan sumber pigmen alami yang aman digunakan sebagai zat aditif maupun dalam kosmetik. Salah satunya klorofil, klorofil merupakan senyawa turunan dapat digunakan sebagai produk kesehatan (Ferruzi and Blakeslee, 2007). Mikroalga selain dapat meningkatkan gizi produk, dari pernyataan Balder *et al.* (2006) juga menyatakan konsumsi klorofil dalam mikroalga dapat menurunkan risiko terkena kanker. Berdasarkan hasil tersebut, maka variasi produk B sebesar 74% adalah produk terpilih untuk selanjutnya dianalisis kandungan mutu gizi sesuai SNI.

Tabel 4. Hasil analisis kandungan gizi variasi produk B

Kriteria Uji	Analisis	Persyaratan
Keadaan		
Bau	Normal	Normal
Rasa	Normal	Normal
Warna	Normal	Normal
pH	6,69 ± 0,10	6,5-7,0
Protein (%b/b)*	3,61 ± 0,12	Min 2,0
Protein (%b/b)**	3,64 ± 0,06	Min 2,0
Lemak (%b/b)	2,54 ± 0,05	Min 1
Cemaran Logam		
Timbal (mg/l)	≤0,01	Maks 0,2
Tembaga (mg/l)	0,98 ± 0,03	Maks 2
Seng (mg/l)	4,07 ± 0,03	Maks 5
Timah (mg/l)	≤0,01	Maks 40/250
Merkuri (mg/l)	≤0,01	Maks 0,03
Cemaran Mikroba		
<i>E. Coli</i> (APM/ml)	2 ± 0,20	Maks 3
<i>Salmonella</i>	-	Negatif
Kapang (CFU/ml)	1,3 ± 0,20	Maks 80

Keterangan : *Sebelum ditambahkan mikroalga, ** setelah penambahan mikroalga

Berdasarkan hasil analisis kandungan gizi produk diversifikasi dengan variasi produk B telah memenuhi syarat SNI. Hasil analisis pada Tabel 4 menunjukkan kadar protein didapat cukup tinggi, perbedaan dapat dilihat ketika sebelum dan setelah di substitusi dengan mikroalga kenaikannya 0,33% namun itu dengan variasi alga hanya 0,4% atau berkisar 0,12 g. Dalam pernyataan Nufer *et al.* (2009), tingkat denaturasi protein dipengaruhi oleh suhu dan waktu pemanasan selama pengolahan. Terjadinya denaturasi protein mengakibatkan protein mengalami perubahan struktur

kimia akibat pemanasan yaitu putusnya ikatan dalam molekul protein. Maka dari itu, kenaikan kandungan protein dari susu kedelai dengan mikroalga tidak begitu signifikan, disamping penambahan mikroalga yang sangat sedikit karena pertimbangan organoleptik. Protein berfungsi sebagai nutrisi utama untuk mereka yang mengidap diabetes. Saat ini para ilmuwan telah menemukan bahwa protein merupakan kunci yang membantu glukosa mengontrol tubuh, yang hilang pada orang diabetes. *The Institute of Molecular and Cell Biology* (IMCB) menemukan bahwa protein yang disebut *nucks* merupakan regulator penting dari sinyal insulin dalam sel. Berdasarkan peneliti lain (Fan *et al.*, 2014), bahwa kelompok protein mikroalga mengandung banyak peptida bioaktif, protein yang dibuat oleh 2-20 asam amino yang mampu melewati membran sel, dan oleh karena itu mikroalga sangat berperan dalam hormon manusia. Disamping itu pula, penderita diabetes melitus memerlukan asupan antioksidan dalam jumlah besar (Chen *et al.*, 2019). Hasil penelitian dari Liu and Chen (2014) bahwa aktivitas antioksidan dari mikroalga menunjukkan aktivitas perlindungan pada DNA dan efek membersihkan terhadap sel-sel yang sudah rusak yang disebabkan oleh radikal hidroksil. Dalam pengontrolan kadar glukosa darah adalah hal paling utama dalam memonitor fungsi normal metabolisme tubuh penderita diabetes melitus (Akbar *et al.*, 2019). Oleh karena itu, produk diversifikasi susu kedelai dengan mikroalga sebagai minuman fungsional yang dapat dimanfaatkan untuk menolong penderita diabetes melitus. Untuk kecukupan gizi protein sangat berpotensi, namun perlu dikembangkan produk yang lebih menarik secara visual, karena jika penambahan mikroalga lebih dari 5-10% warna yang dihasilkan tidak identik dengan warna susu namun berwarna hijau tetapi tingkat kekentalan susu pada umumnya (data tidak ditampilkan).

Hasil analisis kandungan lemak produk adalah 2,54%. Hasil penelitian pada Tabel 4, produk B menunjukkan bahwa presentase sesuai syarat mutu berdasarkan SNI, bahkan lebih tinggi. Namun perlu diperhatikan dalam pengolahan produk saat pemanasan, dikhawatirkan jika tidak stabil suhunya dapat menurunkan kandungan lemak akibat lipolisis atau reaksi hidrolisis lemak (She *et al.*, 2015). Pengujian kadar protein dan kadar lemak itu penting sebagai indikator penilaian nutrisi suatu pangan dan karakteristik produk pangan tersebut karena sebagai salah satu parameter ketahanan produk susu (Puspitarini dan Herbani, 2018).

Hasil analisis pH pada Tabel 4, telah sesuai syarat mutu susu kedelai berdasarkan SNI yaitu 6,5 sampai 7,5. Berdasarkan hasil penelitian, pH produk B adalah 6,69 yang menunjukkan kondisi susu kedelai tidak terlalu asam atau netral. Hasil tersebut berpengaruh terhadap kandungan cemaran mikroba yang disyaratkan sesuai SNI. Hasil analisis cemaran mikroba bahwa produk B aman dan bebas dari mikroba yang berbahaya (Tabel 4). Nilai pH juga merupakan salah satu indikasi ada atau tidaknya aktifitas mikroorganisme maupun enzim pada bahan pangan dengan cara menghidrolisis atau mendegradasi makromolekul yang menyusun bahan

tersebut menjadi fraksi yang lebih kecil yang dapat mempengaruhi aroma dan cita rasa bahan pangan (Christwardana *et al.*, 2013).

Hasil analisis logam-logam pada Tabel 4, menunjukkan produk B telah memenuhi syarat SNI, karena salah satu fungsi dari penambahan mikroalga dapat digunakan sebagai penetral logam berat. Berdasarkan Christwardana *et al.* (2013) mikroalga sebagai penetral arsenik untuk air atau air limbah, dan bahan beracun serta logam berat lainnya. Kontaminan logam berat dalam bahan pangan dapat terjadi selama proses produksi dan pengemasan. Produk diversifikasi dibuat dalam bentuk serbuk salah satu faktornya ditinjau dari kelemahan susu kedelai cair adalah tidak tahan lama sehingga gizi dan cita rasa dapat berubah secara tentatif. Kekurangan produk dalam bentuk cair kemungkinan terpapar menjadi media pertumbuhan bakteri lebih tinggi karena mengandung banyak gizi sehingga menjadi cepat basi. Susu kedelai saat ini lebih banyak diproduksi dalam bentuk bubuk.

Kesimpulan

Peningkatan indeks nutrasetikal produk susu kedelai telah berhasil dilakukan dan produk B dengan mikroalga 0,4% telah dipilih sebagai produk yang paling disukai. Setelah diuji kesesuaiannya dengan kriteria syarat mutu SNI 01-3830-1995, disimpulkan bahwa produk tersebut telah memenuhi syarat SNI. Maka dari itu, produk diversifikasi berpotensi untuk meningkatkan indeks nutrasetikal.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami sampaikan kepada Kemenristekdikti atas dukungan untuk kelancaran penelitian diversifikasi produk pangan fungsional ini.

Daftar Pustaka

- Akbar, C.I., Arini, F.A., Fauziyah, A. 2019. Teh Rambut Jagung dengan Penambahan Daun Stevia sebagai Alternatif Minuman Fungsional Bagi Penderita Diabetes Melitus Tipe 2. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 8(2):67-68. DOI:10.17728/jatp.3122.
- Alvarenga, A.A., Castro, E.M., Junior, E.C.L., Magalhaes M.M. 2011. Effect of Different Light Levels on The Initial Growth and Photosynthetic of Croton Urucurana Baill in Southeastern Brazil. *Agron Journal* 27(1):708-02. DOI:10.1590/S0100-67622003000100007.
- Balder, H.F., Vogel, J., Jansen, M.C., Weijenberg, M.P., Van den Brandt, P.A., Westenbrink, S., Van der Meer, R., Goldbohm, R.A., 2006. Heme and Chlorophyll Intake and Risk of Colorectal Cancer in The Netherlands Cohort Study. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention* 15(4):717-25. DOI:10.1158/1055-9965.EPI-05-0772.
- Batten, D., Peter C., Greg T., 2011. Resource Potential of Algae for Sustainable Biodiesel Production in The APEC. Presentation at APEC Workshop on Algal Biofuels San Francisco 12-15. Publication Number APEC 211-RE-01.9.
- Beasley, J.M., Rosett, J.W. 2013. The Role of Dietary Proteins among Persons with Diabetes. *Current Atherosclerosis Reports* 15(9):348. DOI:10.1007/s11883-013-0348-2.
- Bornkessel, S., Broring, S., Omta, S.W.F., Van, T.H. 2014. What Determines Ingredient Awareness of Consumers? A Study on Ten Functional Food Ingredients. *Food Quality and Preference* 32:330-33. DOI:10.1016/j.foodqual.2013.09.007.
- Cahyadi, W. 2009. Kedelai Khasiat dan Teknologi. Cetakan 3. Bumi Aksara. Jakarta.
- Chen, G.L., Fan, M.X., Wu, J.L., Li, Na., Guo, M.Q. 2019. Antioxidant and Anti Inflammatory Properties of Flavonoids from Lotus Plumule. *Journal of Food Chemistry* 277: 706-712. DOI:10.1016/j.foodchem.2018.11.040.
- Christwardana, M., Nur, M.A., Hadiyanto. 2013. *Spirulina platensis*. Potensinya Sebagai Bahan Pangan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 2(1).
- Fan, X., Bai, L., Zhu, L., Yang, L., Zhang, X. 2014. Marine Algae Derived Bioactive Peptides For Human Nutrition And Health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62(38):9211-9222. DOI:10.1021/jf502420h.
- Febriyenti., Mohtar, N., Mohamed, N., Hamdan, M.R., Najib, S., Salleh, M., Bin, S., Baie, B. 2014. Comparison of Freeze Drying and Spray Drying Methods of Haruan Extract. *International Journal of Drug Delivery* 6:286-291. DOI:10.5138/ijdd.v6i3.1374.
- Ferruzi, M.G., Blakeslee, J. 2007. Digestion, Absorption, and Cancer Preventive Activity of Dietary Chlorophyll Derivatives. *Nutrition Research* 27(1). DOI:10.1016/j.nutres.2006.12.003.
- FAO (Food and Agriculture Organization) of The United Nations. 1999. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes : The Living Marine Resources of The Western, Central Pacific Vol 3-5. Roma.
- Giri, S.K., Mangaraj, S. 2012. Processing Influences on Composition and Quality Attributes of Soymilk and it is Powder. *Food Engineering Reviews* 4(3):149-164. DOI:10.1007/s12393-012-9053-0.
- Gossiau, A., Zachariah, E., Li, S., Ho, C. 2018. Effects of a Flavonoid Enriched Orange Peel Extract Against type 2 Diabetes in The Obese ZDF Rat Model. *Food Science and Human Wellness* 7:244-251. DOI:10.1016/j.fshw.2018.10.001.
- Julianti, E., Fathurohman, M., Damayanti, S., Kartasmita, R.E. 2018. Isolate of Heterotrophic Microalgae *Thraustochytrium aureum* as a Potential Source for Docosahexaenoic Acid (DHA). *Marine Research in Indonesia* 43 (2):79-86. DOI:10.14203/mri.v43i2.264.
- Kenfack, M.A., Dikosso, S.E., Loni, E.G., Onana E.A, Sobngwi, E., Gbaguidi, E., Kana, A.L., Nguefack, T.G, Von der Weid, D., Njoya, O., Ngogang, J. 2011. Potential of *Spirulina platensis* as a Nutritional Supplement in

- Malnourished HIV Infected Adults in Sub Saharan Africa: a Randomised, Single Blind Study. *Nutrition and Metabolic Insight* 4(4):29-37. DOI:10.4137/NMI.S5862.
- Kim, S.K., 2015. *Handbook Of Marine Microalgae Biotechnology Advance*. Academic Press. DOI:10.1016/C2013-0-19117-9.
- Koswara, S. 2006. Konsumsi Lemak yang Ideal Bagi Kesehatan. <http://ebookpangan.com>. (Diakses tanggal 11 Agustus 2019).
- Leboffe, M.J., dan Pierce, B.E. 2011. *A Photographic Atlas for The Microbiology Laboratory Fourth Edition*. Morton Publishing. USA.
- Liu, J., Chen, F. 2014. Biology and Industrial Applications of *Chlorella*: Advances and Prospects, *Advances in Biochemical Engineering and Biotechnology* 286(10):1-35. DOI:10.1007/10_2014_286.
- Mudjajanto, E.S., Kusuma, F.R. 2005. *Susu Kedelai, Susu Nabati yang Menyehatkan*. Cetakan ke 1. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Niva, M. 2007. All Foods Affect Health : Understandings of Functional Foods and Healthy Eating among Health Oriented Finns. *Journal Appetite* 48(3):384-393. DOI:10.1016/j.appet.2006.10.006.
- Nufer, K.R., Ismail, B., Hayes, K.D. 2009. The Effect Processing and Extraction Conditions on Content, Profile, and Stability of Isoflavones in a Soymilk System. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 57(4):1213-1218. DOI:10.1021/jf802876d.
- Nur, M.M.A. 2014. Potensi Mikroalga sebagai Sumber Pangan Fungsional di Indonesia (overview). *Jurnal Eksergi* 11(2):01-06. DOI:10.31315/e.v11i2.363.
- Picauly, P., Talahatu, P., Mailoa, M. 2018. Pengaruh Penambahan Air Pada Pengolahan Susu Kedelai. *Jurnal Teknologi Pertanian* 4(1):8-13.
- Priyadi, S., Adiarto. 2008. *Bahan Ajar Ilmu Ternak Perah*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Profir, A.G., Vizireanu, C. 2013. Sensorial Analysis of a Functional Beverage Based on Vegetables Juice. *Acta Biologica Szegediensis* 57(2):145-148. <http://www.sci.u-szeged.hu/ABS>.
- Puspitarini, O.R., Herbani, M. 2018. Kadar Protein, Kadar Lemak dan Solid non Fat Susu Kambing Pasteurisasi pada Penyimpanan Refrigerator. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 7(1):12-13. DOI:10.17728/jatp.2162.
- Santoso, S.I., Susanti, S., Rizqiati, H., Setiadi, A., Nurfadillah, S. 2018. Potensi Usaha Mi Bayam sebagai Diversifikasi Produk Mi Sehat. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 7 (3):127. DOI:10.17728/jatp.2690.
- Setyaningsih, D., Apriyantono, A., Sari, M.P. 2010. *Analisis Sensoris untuk Industri Pangan dan Agro*. IPB Press.
- She, X., Li, J., Wang, S., Zhang, L., Qiu, L., Han, Y., Wang, Q., Chang, S.K.C., Guo, S. 2015. Flavor Characteristic Analysis of Soymilk Prepared by Different Soybean Cultivars and Establishment of Evaluation Method of Soybean Cultivars Suitable for Soymilk Processing. *Food Chemistry* 185:422. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.04.011.
- Siahaan, E.A., Pangestuti, R. 2017. Pangan fungsional dan Nutrasetikal dari Laut: Prospek dan Tantangannya. *Jurnal Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan* 6(3):273-281. DOI:10.13170/depik.6.3.6874.
- Singh, J., Dan Saxena, R. J. 2015. An Introduction to Microalgae. Diversity and significance. *Computational Modeling of Conversion Routes of Biomass to Biofuels and Chemicals*. DOI:10.1016/B978-0-12-800776-1.00002-9.
- Siro, I., Kapolna, E.B. 2008. Functional Food. Product Development, Marketing and Consumer Acceptance : A Review. *Appetite* 51(3):456-67. DOI:10.1016/j.appet.2008.05.060.
- SNI (Standar Nasional Indonesia) No. 01-2891-1992. *Cara Uji Makanan dan Minuman*. 1992. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI (Standar Nasional Indonesia) No. 2897-2008. *Metode Pengujian Cemaran Mikroba dalam Daging, Telur, Susu dan Produk Olahannya*. 2008. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI (Standar Nasional Indonesia) No. 01-3830-1995 *Susu Kedelai*. 1995. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- U.S. Department of Agriculture., U.S. Department of Health and Human Services. 2010. *Dietary Guidelines for Americans, 2010. 7th Edition*, Washington, DC: U.S. Government Printing Office. www.dietaryguidelines.gov.
- Urala, N., Lahteenmaki, L. 2007. Consumers Changing Attitudes Towards Functional Foods. *Food Quality and Preference* 18(1):1-12. DOI:10.1016/j.foodqual.2005.06.007.
- Venkatesan, J., Manivasagan, P., dan Kim, S.K. 2015. *Marine Microalgae Biotechnology: Present Trends and Future Advances*. Handbook of Marine Microalgae. Elsevier Inc. DOI:10.1016/B978-0-12-800776-1.00001-7.
- Villega, B., Carbonell, I., Costell, E. 2009. Acceptability of Milk and Soymilk Vanilla Beverages: Demographics Consumption Frequency and Sensory Aspects. *Food Science and Technology* 15(2). DOI: 10.1177/1082013208105166.
- Wells, M.L., Potin, P., Craigie, J.S., Raven, J.A., Merchant, S.S., Helliwell, K.E., Smith, A.G., Camire, M.E., Brawley, S.H. 2017. Algae as Nutritional and Functional Food Sources: Revisiting our Understanding. *Journal of Applied Phycology* 29(2):949-982. DOI:10.1007/s10811-016-0974-5.
- WHO (World Health Organization). 2014. *The Global Burden of Disease*. WHO Library Cataloguing in Publication Data.
- Setyaningsih, D., Apriyantono, A., Sari, M.P. 2010. *Analisis Sensoris untuk Industri Pangan dan Agro*. IPB Press.